

## 基于 MSP430 的 RFID 实验系统的设计

谢 宏, 肖承勇

(上海海事大学信息工程学院, 上海 200135)

**摘 要:** 针对当前 RFID 技术的高速发展需要, 面对 RFID 技术的研究及其现有的 RFID 的实验设备的需求, 很多高校尚未配备射频实验室和射频实验系统, 文中提出了基于 MSP430 系列单片机的射频识别系统的硬件设计方案, 通过 SPI 接口实现系统单片机与自动识别部分的通信和对射频芯片的工作模式控制, 设计了 MSP430 系统中电源模块、复位电路模块、晶振电路模块、JTAG 接口模块、串口通讯模块、射频模块等模块的电路原理图, 并介绍了各部分的功能。该系统可以进行功能演示、在线下载、仿真和调试, 经实验证明原理正确可靠, 可以广泛应用于教学、实验、科研和电子设计等领域。

**关键词:** 实验室系统; 射频识别技术; MSP430

### Design of RFID experimental system based on MSP430

XIE Hong, XIAO Cheng-yong

(Institute of Information Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)

**Abstract:** In view of the current rapid development of RFID technology, in the face of RFID technology research and its existing RFID experimental equipment requirements, many colleges and universities have not equipped with RF laboratory or RF experimental system. A method based on the MSP430 series MCU of radio frequency identification system hardware design is proposed. The communications in the automatic identification system between MCU part and RF chip and modes control are fulfilled through SPI interface. The method designs the MSP430 MCU power module, reset circuit module, crystal circuit module, JTAG interface module, serial communication module and RF module circuit schematics, and on the part of the function. The system can function demo, online downloads, simulation and debugging. The principle of the method is accurate and reliable by the test, which can be widely used in teaching, laboratory, research and electronic design, and other fields.

**Key words:** laboratory system; RFID technology; MSP430

## 0 引言

无线射频技术的工作原理是基于电磁理论, 工作系统主要由射频电子标签、阅读器、天线和相应的硬件系统组成。信息的传送距离由传送的频率、发送功率、电子标签的种类、天线的分布设计等因素决定。它借助于放置在需要识别的物品上的电子标签, 用识别器对标签进行扫描和读取。识别器工作时发送扫描信号, 当天线与阅读器进行通信时, 把数字信号转换为与识别器通信的电磁波频率信号, 将标签内的信息读出, 再将此信息送到后端计算机系

统进行分析等一系列操作。射频识别系统的优点是不局限于视野的范围, 识别距离较其他的识别系统(如光学系统)远。射频识别的另外一大特点在于识别标签具有读写能力, 读写次数高, 识别标签可以重复利用多次, 并且可以携带大量的数据, 在防伪方面占据优势。因此射频识别技术在众多的识别技术当中脱颖而出, 有着其他识别技术无可比拟的技术优

收稿日期: 2008-02-25

作者简介: 谢宏(1962-), 男, 工学博士, 教授, 主要研究方向为软计算与智能信息处理及其应用、智能交通和物流系统监控等。

势和现实意义。

随着射频识别技术的发展,射频识别已被用到很多领域,并且有着广阔的发展前景。但目前还未形成完善的关于 RFID 的国际和国内标准、工作频率的使用范围、天线的设计、防冲突算法的设计以及安全保密问题等都有待于进一步的研究和探讨。

目前,国内的许多高校还没有射频实验室,其主要的原因就是在成本方面,由于射频识别的实验仪器无论是接收器,发射器的系统,或是对其进行验证性的工具(如频谱分析仪,网络分析仪等)都是非常昂贵的,并且可供选择的仪器很少。本文所设计的射频实验系统已经整合了各种功能模块的射频芯片,利用单片机来控制射频芯片进行的接受和发送信息降低了实验设备所需要的昂贵的成本,更重要的是其可以满足实验对射频识别系统的学习要求。

## 1 系统硬件结构

本系统采用的是单片机作为系统控制核心,使用的是 TI 公司推出的 MSP430 系列单片机,型号为 MSP430F169。该芯片采用“冯·诺伊曼”结构, RAM, ROM 和全部的外围模块都位于同一个地址空间内,最大寻址地址为 62kB (60kB 的 Flash 和 2kB 的 RAM)。内部集成有 1 个硬件乘法器、1 个精准的模拟比较器、2 个具有捕捉/比较寄存器的定时器、8 路 12 位 A/D 转换器、片内看门狗定时器、2 个串行通信接口以及 48 个 I/O 引脚,每个 I/O 口分别对应输入、输出、功能选择、中断等多个寄存器,功能口和通用 I/O 口可以复用,增强了端口的功能和灵活性,提高了对外围设备的开发能力和扩展性。

MSP430F169 是 FLASH 存储器型单片机,具有良好的仿真开发环境,可设置 JTAG 仿真实接口和高级语言编译器。在系统支持软件下,在线实现对目标系统的硬件调试及软件开发,包括汇编语言、C 语言、连接及动态调试,具有单步、多断点和跟踪功能,并且开放全部存储器、寄存器,可以方便灵活地对系统进行硬件、软件的开发。

射频芯片使用的是 TI 公司的 CC2500。该芯片是一种低成本真正单片的 2.4GHz 收发器,电路设计定为 2400MHz ~ 2483.5MHz 的 ISM(工业、科学和医学)和 SRD(短距离)频率波段。该芯片集成了一个数据传输可达 500kbps 的高度可配置的调制解调器。通过开启集成在调制解调器上的前向误差校正选项,能使性能得到提升。另外,CC2500 体积小 (QLP4 × 4mm 封装,20 个引脚),灵敏度高(10kbps 下

-98dBm,1%数据包误差率),极少的外部元件,芯片内频率合成器,不需要外部滤波器或 RF 转化,简化了外围电路的设计;高效的 SPI 接口,所有的寄存器能用同一个“突发”转换器控制。

系统模型如图 1 所示。

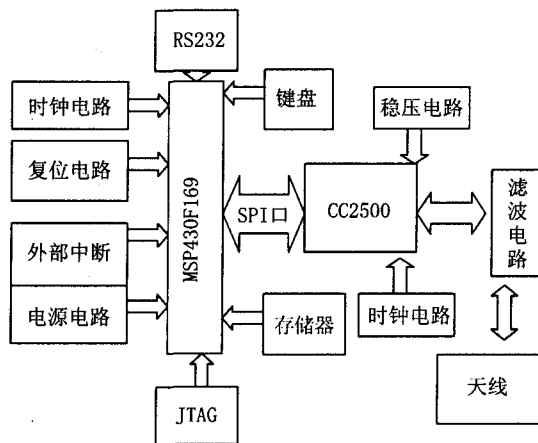


图 1 系统模型

## 2 电路设计

单片机系统的电路原理图如图 1 左半部分所示,外围电路主要包括时钟电路,复位电路,电源电路,JTAG 电路,及存储器扩展电路等液晶显示器、键盘等外围设备电路。

### 2.1 电源电路设计

电源电路原理图如图 2 所示。

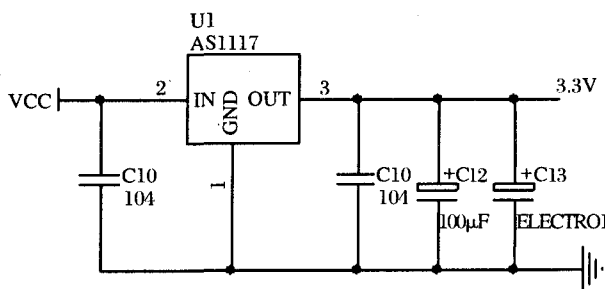


图 2 电源电路

考虑到单片机部分和射频部分的工作电压都处于同一数字电压 3.3V,并且外围器件也需要 3.3V 的工作电压;而串口部分的供电电压需要 9V,所以在电源电路的设计上使用的是直流 9V 电压源,从而单片机部分和射频部分需要进行电压转换,而 9V 电压源可直接给串口电路进行工作。上图是以 9V 直流电压源 VCC 为输入电压,经过 LM1117 将 9V 的直流电压转换成 3.3V 电压,通过 LM1117 进行 DC-DC 电压转换,在电源电路中使用 4 个电容进行电源稳压滤波,为系统提供稳定的电源。

## 2.2 复位电路设计

复位电路原理图如图 3 所示。

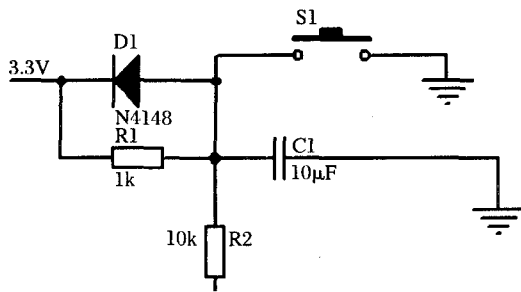


图 3 复位电路

微控制器正常工作时要求该引脚(R2 处)处于高电平。在系统中,复位电路主要任务是完成系统的上电复位和系统在运行时人为的按键复位。复位电路可以使用简单的 RC 电路构成,也可以设计相对复杂,功能更完善的电路。本设计采用简单的电阻,电容,二极管构成的 RC 复位电路。实际证明,其复位逻辑是可靠的。

## 2.3 时钟电路设计

时钟电路原理图如图 4 所示。

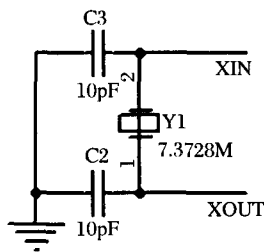


图 4 时钟电路

TI 公司推出的 MSP430 系列的单片机都有高速晶体振荡器、低速晶体振荡器和数字控制振荡器(DCO)3 种时钟源。这种多时钟源的设计是为了解决系统的快速处理数据的要求和低功耗要求的矛盾,通过设计多个时钟源或为时钟设计各种不同的工作模式,才能解决外部设备的实时应用的时钟要求,如 LCD 显示器、定时器、计数器等。

数字控制振荡器(DCO)已经集成在 MSP430 单片机内部,所以在系统中只需要设计高速晶体振荡器和低速晶体振荡器两部分电路或者其中的一种,具体情况视工作要求而定。

高速振荡器也称为第二振荡器 XT2,为 MSP430F169 工作在高频模式时提供时钟,该振荡器最高可达 8MHz。在本系统中采用的 7.3728MHz 的晶体,该引脚处连接两个 22pF 的电容接到单片机。

## 2.4 SPI 接口

SPI(Serial Peripheral Interface-串行外设接口)总

线系统是一种同步串行外设接口,它可以使 MCU 与各种外围设备以串行方式进行通信以交换信息。外围设备可以是 FLASHRAM、网络控制器、LCD 显示驱动器、A/D 转换器和 MCU 等。SPI 总线系统可直接与各个厂家生产的多种标准外围器件直接接口,该接口一般使用 4 条线:串行时钟线 SCK、主机输入/从机输出数据线 MISO、主机输出/从机输入数据线 MOSI 和低电平有效的从机选择线 STE。由于 SPI 系统总线一般只需 3~4 位数据线和控制线即可实现与具有相同功能的各种 I/O 器件进行连接,而一般扩展并行总线则需要 8 根数据线、8~16 位地址线、2~3 位控制线。因此,采用 SPI 总线接口可以简化电路设计,节省很多常规电路中的接口器件和 I/O 口线,使用 SPI 总线可以增加应用系统的接口器件种类,提高应用系统的性能。

利用 SPI 总线可在软件的控制下构成各种系统。如一个主 MCU 和几个从 MCU、几个从 MCU 相互连接构成多主机系统(分布式系统)、一个主 MCU 和一个或几个从 I/O 设备所构成的各种系统等。在大多数应用场合,可使用一个 MCU 作为主控机来控制数据,并向一个或几个从外围器件传送该数据。从器件只有在主机发命令时才能接受或发送数据,其数据的传输格式是高位(MSB)在前,低位(LSB)在后。

SPI 总线接口系统的典型结构如图 5 所示。

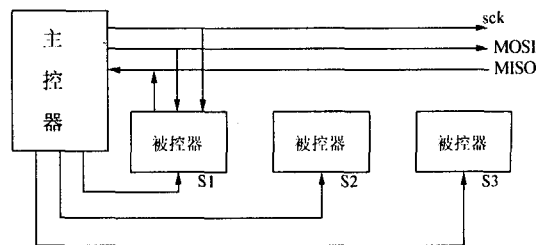


图 5 SPI 总线接口的典型结构

当一个主控机通过 SPI 与几种不同的串行 I/O 芯片相连时,必须使用每片的允许控制位,这可通过 MCU 的 I/O 端口输出线来实现。但应特别注意这些串行 I/O 芯片的输入输出特性:首先是输入芯片的串行数据输出是否有三态控制端。平时未选中该芯片时,输出端应处于高阻态。若没有三态控制端,应外加三态门,否则 MCU 的 MISO 端只能连接一个输入芯片;其次是输出芯片的串行数据输入是否有允许控制端。因为只有在此芯片允许时,SCK 脉冲才把串行数据移入该芯片;在禁止时,SCK 对芯片无影响。若没有允许控制端,则应在外围用门电路对 SCK 进行控制,然后再加到芯片的时钟输入端。当

然,也可以只在 SPI 总线上连接一个芯片,而不再连接其他输入或输出芯片,本文就只外接了一个射频芯片。

## 2.5 串口通信电路设计

串行通信只需较少的端口就可以实现单片机与 PC 机的通信,具有无可比拟的优势。串行通信有两种方式:异步模式和同步模式。MSP430 系列单片机都有异步串行通信方式来实现串行通信。本设计中,MSP430F169 使用 USART0 模块通过 RS232 串口与 PC 机通信。

本设计中采用 MAX232 进行设计,电路原理图如图 6 所示。其中电容 C22,C23 和 C24 是 MAX232 正常工作所必须的工作电容,C25 是对电压源进行稳压作用的电容。单片机的 UTXD 和 URXD 分别连接与 T1IN 和 R1OUT 相连,由于单片机部分的工作电压在 3.3V,而 MAX232 的工作电压位 5V,故而在接口处要进行压降处理,MAX232 的 R1OUT 接口处通过两个分压电阻 R4 和 R5 进行降压后与 MCU 相连。同时设计数据发送与接收的状态指示灯 DS1 和 DS2,以指示串口和单片机之间的数据传输。

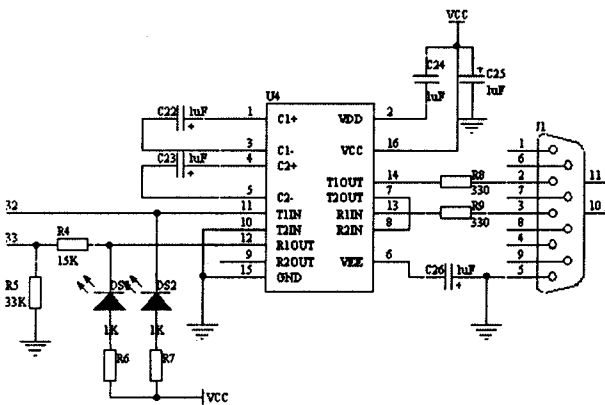


图 6 串口通信电路

## 2.6 射频部分电路设计

使用 CC2500 只需要少量的外部元件,电路原理图如图 7 所示。其中,偏阻器 R3 用来设置一个精确的偏电流。C18,C21,L3,L4 形成一个平衡转换器,用以将 CC2500 上的微分 RF 端口转换成单端 RF 信号。同一个合适 LC 网络一起,平衡转换器元件也将阻抗转换以匹配一定阻抗的天线。晶体振荡器使用一个带 2 个负载电容的外部晶体。另外,能量的供给必须在靠近供给引脚处恰当的退耦,退耦电容器的放置及大小对于达到最优性能是非常重要的。

## 3 结束语

可以预见,在将来一段时间内,射频技术将广泛应用于工业、消费、物流等领域。学习和掌握射频技

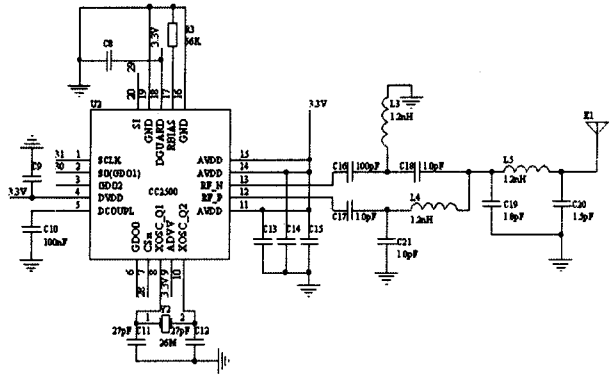


图 7 射频部分电路

术是非常有必要的。本文提出了一种基于 MSP430 系列单片机的射频识别实验系统的硬件设计方案,通过对各模块的独立测试和系统综合测试,证明该系统性能可靠,设计合理。本实验系统能使人直观地理解射频电路的工作原理和工作流程,系统使用的工作模块以及其实现的功能,了解其应用的背景和领域。在本文实验系统基础上,可进一步地开展射频应用开发,利用本系统已有的接口和扩展外设进行系统开发,应用到特定的领域,实现特定的功能,具有良好的实用性。

## 参考文献:

- [1] Selwyn Piramuthu. Protocols for RFID tag/reader authentication[M]// Decision Support Systems 43, 2007: 897 - 914.
- [2] Joseph J Carr. Secrets of RF Circuit Design[M]. 3rd ed. 电子工业出版社, 2001.
- [3] 基于射频模块 nRF24E1 的无线系统开发[EB/OL]. <http://www.icdiy.cn>.
- [4] 江舒祺,牟志刚. RFID 系统中的 PCB 环形天线设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007(1).
- [5] 范博. 射频电路原理与实用电路设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [6] Ludwig R, 王子宇, 等译. 射频电路设计理论与应用[M]. 电子工业出版社, 2002.
- [7] 郭帅. 远距离 RFID 读卡器设计[J]. 大连理工大学研究生网络学刊, 2006.
- [8] Ngai E W T. RFID research: An academic literature review (1995-2006) and future research directions[J]. Int. J. Production Economics, 2006.
- [9] Vergara A. An RFID reader with onboard sensing capability for monitoring fruit quality[J]. Sensor and Actuators B, 2007.
- [10] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
- [11] 胡大可. FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
- [12] 佟宇, 王彦华. MSP430 系列单片机的异步串行通信应用[J]. 微处理机, 2003(2).

责任编辑:肖滨